

BEST AVAILABLE COPY

PCT/ES 2004/000436



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Oficina Española
de Patentes y Marcas

REC'D 24 NOV 2004

WIPO

PCT

CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número 200302355, que tiene fecha de presentación en este Organismo 10 de Octubre de 2003

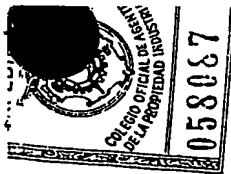
Madrid, 3 de Noviembre de 2004

El Director del Departamento de Patentes
e Información Tecnológica

P.D.

C.G.
CARLOS GARCIA NEGRETE

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



Oficina Española
de Patentes y Marcas

INSTANCIA DE SOLICITUD

NUMERO DE SOLICITUD

20030235 5

03 OCT 10 11:02

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

(4) LUGAR DE PRESENTACIÓN CÓDIGO
MADRID 28

(1) MODALIDAD

☒ PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTILIDAD

(2) TIPO DE SOLICITUD

- ☐ ADICIÓN A LA PATENTE
☐ SOLICITUD DIVISIONAL
☐ CAMBIO DE MODALIDAD
☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA
☐ PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

(3) EXPED. PRINCIPAL O DE ORIGEN:
MODALIDAD

NUMERO SOLICITUD

FECHA SOLICITUD

(5) SOLICITANTE(S): APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
CATALUNYA

NOMBRE

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Dpto. SECRETARÍA GENERAL
REPOSICIÓN

NACIONALIDAD
ESPAÑOLA

CÓDIGO PAÍS

DNI/CIF

Q-0818003

-F

CNAE PYME

(6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE

DOMICILIO Jordi Girona Salgado, 31. Edif. C-H

LOCALIDAD BARCELONA

PROVINCIA BARCELONA

PAIS RESIDENCIA ESPAÑA

NACIONALIDAD ESPAÑOLA

Panamá, 1 - Madrid 28071

TELÉFONO 934017126

FAX 934017130

CORREO ELECTRONICO

CÓDIGO POSTAL 08034

CÓDIGO PAÍS ES

CÓDIGO NACION ES

(7) INVENTOR (ES):

APELLIDOS

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

LAGUARTA BERTRAN
ARTIGAS PURSALS
CADEVALL ARTIGUES

FERRAN
ROGER
CRISTINA

ESPAÑOLA
ESPAÑOLA
ESPAÑOLA

ES
ES
ES

(8)

☐ EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR

☒ EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O ÚNICO INVENTOR

(9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

☒ INVENC. LABORAL

☐ CONTRATO

☐ SUCESIÓN

(9) TÍTULO DE LA INVENCION

PROCEDIMIENTO DE METROLOGIA OPTICA PARA LA DETERMINACION DE LA TOPOGRAFIA TRIDIMENSIONAL DE UN ORIFICIO

(11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

☐ SI

☒ NO

(12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

(13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:
PAIS DE ORIGEN

CÓDIGO PAÍS

NÚMERO

FECHA

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/86 DE PATENTES ☒

(15) AGENTE/REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I., NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLÉNSE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)
MORGADES MANONELLES, JUAN ANTONIO, 323/9, Rector Ubach, 37-39, bajo, BARCELONA, BARCELONA, 08021, ESPAÑA

(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

☒ DESCRIPCIÓN. Nº DE PÁGINAS: 20

☒ Nº DE REIVINDICACIONES: 4

☒ DIBUJOS. Nº DE PÁGINAS: 8

☐ LISTA DE SECUENCIAS Nº DE PÁGINAS: 0

☐ RESUMEN

☐ DOCUMENTO DE PRIORIDAD

☐ TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD

☒ DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN

☐ JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASAS DE SOLICITUD

☐ HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

☐ PRUEBAS DE LOS DIBUJOS

☐ CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN

☐ OTROS:

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

JUAN ANTONIO MORGADES

MANONELLES

(VER COMUNICACIÓN)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

NOTIFICACIÓN DE PAGO DE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión; para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el BOPI, más los diez días que establece el art. 81 del R.D. 2245/1986

ILMO. SR. DIRECTOR DE LA OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

Informacion@oeppm.es

www.oeppm.es

C/ PANAMÁ, 1 • 28071 MADRID

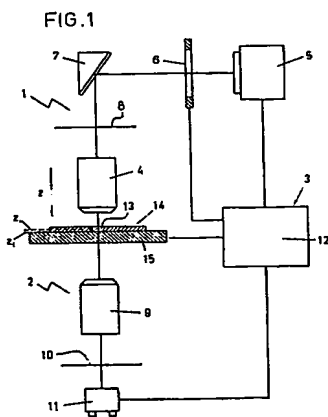


RESUMEN Y GRÁFICO

RESUMEN (Máx. 150 palabras)

Un procedimiento de metrología óptica de orificios cónicos según la invención consiste en disponer el cuerpo con el orificio en un microscopio con la zona de mayor diámetro orientada hacia unos medios de iluminación centrándolo en el campo de visión de unos medios de observación y enfocar mediante iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro midiéndolo su diámetro y defectos mayores. Después se cambia el plano de enfoque y se mide el contorno del orificio proyectando series de patrones midiendo la posición de los puntos del contorno del orificio cuando se superponen en el plano de una cámara del equipo las imágenes del patrón proyectado y de su reflexión en el interior del orificio. El proceso se repite y la información de los contornos medidos en los distintos planos se procesa para obtener una representación geométrica tridimensional y los parámetros característicos de la topografía del interior del orificio.

GRÁFICO





12

SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

21 NÚMERO DE SOLICITUD
20030235 5

31 NÚMERO

DATOS DE PRIORIDAD

32 FECHA

33 PAÍS

22 FECHA DE PRESENTACIÓN

71 SOLICITANTE(S)
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

62 PATENTE DE LA QUE ES
DIVISORIA

DOMICLIO Jordi Girona Salgado, 31. Edif. C-H
BARCELONA, BARCELONA, 08034, ESPAÑA

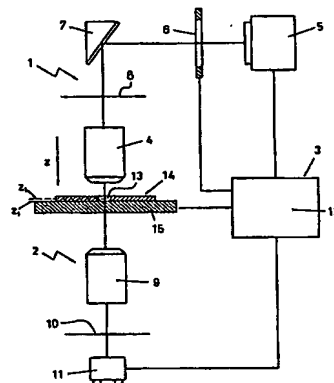
NACIONALIDAD ESPAÑOLA

72 INVENTOR (ES) FERRAN LAGUARTA BERTRAN, ROGER ARTIGAS PURSALS, CRISTINA CADEVALL ARTIGUES

51 Int. Cl.

GR

FIG.1



54 TÍTULO DE LA INVENCION
PROCEDIMIENTO DE METROLOGIA OPTICA PARA LA
DETERMINACION DE LA TOPOGRAFIA TRIDIMENSIONAL DE UN
ORIFICIO

57 RESUMEN

Un procedimiento de metrología óptica de orificios cónicos según la invención consiste en disponer el cuerpo con el orificio en un microscopio con la zona de mayor diámetro orientada hacia unos medios de iluminación centrándolo en el campo de visión de unos medios de observación y enfocar mediante iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro midiendo su diámetro y defectos mayores. Después se cambia el plano de enfoque y se mide el contorno del orificio proyectando series de patrones midiendo la posición de los puntos del contorno del orificio cuando se superponen en el plano de una cámara del equipo las imágenes del patrón proyectado y de su reflexión en el interior del orificio. El proceso se repite y la información de los contornos medidos en los distintos planos se procesa para obtener una representación geométrica tridimensional y los parámetros característicos de la topografía del interior del orificio.

La presente invención se refiere a un procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y
 5 similares, y a un equipo de medición para llevar a cabo dicho procedimiento cuyas nuevas características proporcionan numerosas ventajas tal como se detallará en lo sucesivo en la presente memoria.

El procedimiento y el equipo objeto de la
 10 presente invención tienen particular aplicación, aunque no exclusivamente, en la medición de los orificios micrométricos de las boquillas de los cabezales de impresoras de inyección de tinta.

Las impresoras de inyección de tinta basan su
 15 funcionamiento esencialmente en la expulsión de gotas de tinta líquida a través de las boquillas de unos cabezales inyectoros. Estas pequeñas gotas impactan en el papel formando los puntos necesarios para la realización de gráficos y textos. El cabezal de impresión incluye un
 20 circuito flexible formado por una delgada lámina que presenta una matriz de las citadas boquillas a través de las cuales sale una cantidad precisa de tinta lanzada en una dirección adecuada hacia el papel de impresión.

Uno de los principales objetivos de los procesos
 25 de control de calidad que actualmente aplican los fabricantes a las impresoras de inyección es la determinación de la configuración o topografía de los orificios de las boquillas de los cabezales a través de los cuales sale la tinta hacia el papel. La citada lámina
 30 delgada que forma el circuito flexible del cabezal puede fabricarse en varios materiales. Uno de los materiales posibles es el denominado Kapton® de Dupont Corp., formado a base de películas flexibles de poliamida de gran resistencia mecánica, y de excepcionales propiedades
 35 químicas y eléctricas, con una gran resistencia a

temperaturas extremas. Se contemplan, sin embargo, otros materiales, tanto dieléctricos como semiconductores.

Los orificios de la lámina presentan una geometría tridimensional troncocónica con unas dimensiones muy reducidas, las cuales tienden a ser actualmente cada vez menores con el fin de ofrecer una mayor precisión y resolución en la impresión. Estas reducidas dimensiones hace necesaria una precisa colocación de los orificios en la lámina del circuito con el fin de ofrecer la calidad de impresión deseada.

La citada lámina del circuito flexible que, como se ha indicado, se dispone en el cabezal de impresión, queda situada a una determinada distancia del papel (considerablemente grande en comparación con las dimensiones de las boquillas de la lámina), de manera que una configuración incorrecta de algún orificio podría llegar a provocar que la trayectoria de la gota de tinta desde su salida por el orificio del cabezal inyector sea incorrecta, desviándose de su dirección ideal perpendicular al papel, distorsionando la imagen o el texto a imprimir.

La citada precisión requerida en combinación con las cada vez menores dimensiones del diámetro de los orificios de la lámina del cabezal (del orden de 25 micras o incluso menor) hace difícil controlar y determinar con rigurosidad y precisión la calidad de los cabezales de impresión.

Han existido varios intentos por proporcionar métodos de medición de las dimensiones de los orificios de las boquillas de expulsión de la tinta de los cabezales de impresoras de inyección, los cuales no se han mostrado hasta la fecha eficaces al presentar numerosos inconvenientes. Uno de ellos consiste en la utilización de perfilómetros confocales que se basan en la luz retroreflejada o retrodifundida por la superficie de la muestra que se está analizando. Estos equipos consisten en

un microscopio confocal de barrido de la superficie mediante láser. Dichos equipos, denominados CLSM, proyectan un solo punto de luz focalizada en la superficie de medición utilizando un escáner que realiza un barrido de
5 dicha superficie en un plano determinado.

El principal inconveniente de estos equipos reside esencialmente en el hecho de que, debido a la particular configuración tridimensional de los orificios, la cual debe ser necesariamente troncocónica y con la
10 superficie interior ópticamente pulida para una calidad de impresión óptima, presentan una elevada incertidumbre derivada principalmente de la ausencia de luz retroreflejada debido a la elevada pendiente de dicha superficie (los ángulos de incidencia son superiores a 70°)
15 y, como se ha indicado, al hecho de que ésta es ópticamente pulida, por lo que, en consecuencia, no existe prácticamente luz retroreflejada o retrodifusa lo cual no proporciona ninguna información de la posición de la superficie que se quiere medir. Además, otro inconveniente
20 importante de los métodos de medición de estado de la técnica es que son extremadamente lentos (más de 20 segundos por cada plano de enfoque) y de difícil aplicación para medir paredes inclinadas.

La presente invención propone un procedimiento de
25 metrología óptica para la determinación de topografías tridimensionales. Este procedimiento presenta particular aplicación en la medición de la superficie interior de las boquillas de salida de los cabezales de impresoras de inyección de tinta, si bien la invención no queda en
30 absoluto limitada a este ámbito de aplicación. Se trata de un sistema óptico sin contacto con el objeto a analizar basado en la luz reflejada por dicho objeto, tal como se detallará más adelante.

La invención se refiere también a un equipo para
35 llevar a cabo el procedimiento el cual se describirá con

detalle en lo sucesivo y que, entre otros, incluye unos medios de iluminación y unos medios de observación que se detallarán más adelante.

5 Para el procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares, de acuerdo con la presente invención, se siguen las etapas que se exponen a continuación.

10 En primer lugar se realiza una calibración inicial, que deberá llevarse a cabo periódicamente. Se trata de verificar que el plano imagen para los medios de iluminación del equipo coincide con el plano objeto para los medios de observación del mismo.

15 El objeto a analizar se dispone en la platina de un microscopio con la zona de mayor diámetro del orificio orientada hacia los citados medios de iluminación. Uno de los orificios del objeto a analizar se centra en el campo de visión de dichos medios de observación y se enfoca, mediante un procedimiento de autoenfoco utilizando
20 iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro del orificio a analizar. En este punto se procede a medir el diámetro del orificio así como defectos mayores tales como ausencia de orificio o una deformación de grandes
25 dimensiones.

Después se realiza un desplazamiento axial a un plano de enfoque situado en el interior del orificio. A través de un sistema de representación de patrones, que forma parte de los medios de iluminación, se proyecta, en
30 el plano de enfoque, una secuencia de patrones, por ejemplo patrones de configuración circular de radio determinado y creciente. Las imágenes de los patrones proyectados en el interior del orificio por el sistema de representación de patrones se observan mediante cámaras, por ejemplo del tipo
35 CCD o del tipo CMOS, las cuales forman parte de los medios

de observación. La medición de las posiciones de los puntos del contorno del orificio se lleva a cabo en el momento en el que se superponen en la cámara las imágenes del patrón circular proyectado y de su reflexión en las paredes interiores del orificio (imagen del patrón virtual).

Este proceso se repite para un número determinado de planos en el interior del orificio y finalmente se procesa la información de los contornos medidos en los distintos planos para obtener una representación geométrica tridimensional de la topografía del interior del orificio así como los parámetros característicos del orificio tales como el diámetro máximo y mínimo del mismo, inclinación de la pared del orificio, desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje del orificio, etc.

Preferiblemente, el sistema de coordenadas es un sistema de coordenadas cilíndricas con una resolución de 360-720 puntos medidos en cada plano a lo largo del contorno del orificio, si bien se comprenderá que también puede utilizarse un sistema de referencia de coordenadas cartesianas.

El procedimiento de la invención prevé la adquisición de una serie de imágenes (una para cada patrón proyectado), por ejemplo entre 10 y 25, para obtener los puntos medidos del contorno del interior del orificio.

Una vez realizada la medida del contorno en un plano se modifica el plano de enfoque del orificio cambiándolo a otro plano de enfoque, por ejemplo moviendo axialmente el objeto a analizar. En este plano de enfoque se repite el proceso para medir el contorno del orificio del objeto que se está analizando en un sistema de coordenadas adquiriendo una serie de imágenes con el fin de obtener los puntos medidos del contorno del citado orificio a partir de las imágenes adquiridas para los distintos patrones proyectados.

La citada modificación del plano de enfoque puede

llevarse a cabo, por ejemplo, desplazando el objeto hacia arriba. En una realización de acuerdo con la invención, la modificación del plano de enfoque del objeto, cambiándolo a otro plano de enfoque, se repite tantas veces como sea necesario para obtener valores en otros tantos planos distintos de la boquilla, con una distancia preferida entre planos de enfoque de entre 1 y 10 μm .

Los parámetros para caracterizar la topografía del orificio (diámetro máximo y mínimo del orificio, inclinación de la pared del orificio, desviaciones de forma, posición e inclinación del eje, etc.) se obtienen procesando convenientemente los resultados de las medidas (contornos en diferentes planos de enfoque) que pueden ser círculos, o bien elipses en el caso de desviación del eje del orificio respecto al eje óptico del sistema de medida. Esto se lleva a cabo a través de medios de procesamiento informático utilizando los correspondientes algoritmos mediante los cuales se obtiene un conjunto de valores correspondientes a los citados parámetros.

El equipo objeto de la invención está adaptado para llevar a cabo el procedimiento que se ha descrito anteriormente. El procedimiento permite determinar con una extraordinaria precisión la topografía tridimensional de orificios micrométricos troncocónicos de superficie interior ópticamente pulida.

El equipo de la invención utilizado para llevar a cabo el citado procedimiento de medición está formado básicamente por unos medios de iluminación, unos medios de observación y unos medios de procesamiento informático.

Los medios de iluminación del equipo de la invención comprenden un objetivo de microscopio, una fuente de luz, un sistema de representación de patrones, un sistema óptico y, en caso de ser necesario, un espejo que puede estar adaptado para desviar la luz un ángulo de, por ejemplo, 90°, si bien podrán utilizarse otras inclinaciones

del espejo dependiendo de la configuración espacial del equipo de la invención.

Los medios de observación del equipo comprenden un objetivo de microscopio, un sistema óptico, y por lo
5 menos una cámara de tipo CCD o CMOS.

Dichos medios de procesamiento informático comprenden un ordenador y el software apropiado que incluye los algoritmos necesarios para la reconstrucción tridimensional del objeto que se analiza tras la aplicación
10 del procedimiento de la invención. El citado software calcula los puntos para construir la topografía interior del orificio, presenta, además, la interfaz del usuario (selección del número de puntos, etc.) y controla los diversos elementos del equipo, tales como etapas de
15 desplazamiento motorizadas, etc.)

El objetivo asociado a los medios de iluminación es un objetivo 100X SLWD (distancia de trabajo súper larga), mientras que el objetivo asociado a los medios de observación es un objetivo 50X SLWD (distancia de trabajo
20 súper larga), para una cámara CCD con un formado de 1/3 de pulgada. El aumento de los citados objetivos podrá variar en función del formato de la cámara CCD y de las características del orificio que se va a analizar.

Un ordenador controla el sistema de representación de patrones. Este ordenador forma parte de los medios de procesamiento informático y permite
25 visualizar una iluminación de campo extensa y también generar patrones, por ejemplo de configuración circular de distintos diámetros. Los patrones son proyectados por medio de los citados objetivos y sistemas ópticos en la zona
30 interior del orificio del cuerpo a analizar.

De acuerdo con una realización, el citado sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido (LCD), si bien se contempla la posibilidad
35 de que dicho sistema de representación de patrones sea un

microvisualizador de cristal líquido sobre silicio (LCOS) con un divisor de haz de luz asociado que proporcionan una mayor calidad de visualización al no generar en la imagen del patrón proyectado zonas oscuras provocadas por la electrónica incluida en cada píxel en el caso de los

La fuente de iluminación emite luz con un espectro de banda ancha, pudiendo utilizarse tanto leds como una fuente de luz blanca. Alternativamente, podría utilizarse un sistema de iluminación con láser y un escáner para generar el patrón en el interior del orificio.

El equipo y el procedimiento que lleva a cabo dicho equipo de acuerdo con la presente invención no queda limitado a la medición de orificios de configuración troncocónica. Así por ejemplo, es posible determinar la topografía de orificios con una configuración parcialmente troncocónica que presente, además, una estructura en la zona de mayor diámetro del orificio, como por ejemplo un rebaje prismático. La determinación de esta topografía se realiza incluyendo una cámara adicional en el equipo, por ejemplo de tipo CCD.

Las características y las ventajas del procedimiento y el equipo objeto de la presente invención resultarán más claras a partir de la descripción detallada de tres realizaciones preferidas que se darán, de aquí en adelante, a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura n° 1 es una representación esquemática de una primera realización de un equipo de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio de acuerdo con la invención, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares de circuitos flexibles de los cabezales de impresoras de inyección de tinta;

La figura n° 2 es una representación esquemática

de una segunda realización de un equipo de metrología óptica de acuerdo con la invención;

La figura n° 3 es una representación esquemática de una tercera realización de la invención;

5 Las figuras n° 4 y 5 son vistas en sección parcial transversal de dos ejemplos de la variedad de topografías posibles que puede medir el equipo con el procedimiento de la invención;

10 La figura n° 6 es un dibujo esquemático que ilustra conceptualmente el procedimiento de la invención en una situación en la que la totalidad del haz incidente se propaga a través del orificio sin experimentar ninguna reflexión en la superficie interior del mismo.

15 La figura n° 7 es un dibujo esquemático similar al de la figura n° 6 en el que, debido al mayor valor del radio del patrón proyectado en el plano de enfoque, una parte del haz incidente se propaga directamente a través del orificio y otra parte se refleja en la superficie interior del mismo, dando lugar a dos imágenes del patrón
20 en el plano de la cámara.

La figura n° 8 es un dibujo esquemático similar a los de las figuras n° 6 y 7 anteriores en el que el radio del patrón proyectado en el plano de enfoque coincide con el radio del contorno del interior del orificio en dicho plano, dando lugar a una única imagen
25 del patrón en el plano de la cámara.

La figura n° 9 es un dibujo esquemático similar a los de las figuras 6, 7 y 8 anteriores en el que el radio del patrón proyectado en el plano de enfoque es mayor que el radio del contorno del interior del orificio
30 analizado en dicho plano, dando lugar también a una única imagen del patrón en el plano de la cámara.

La figura n° 10 es una gráfica que ilustra, para una serie de imágenes, el valor del radio del patrón
35 circular proyectado en el plano de enfoque y también el

radio del patrón circular virtual asociado a la parte del haz incidente que se refleja en la superficie interior del orificio.

Se relacionan a continuación las distintas referencias que se han utilizado para describir las realizaciones preferidas del equipo de la presente invención:

- (1) medios de iluminación;
- (2) medios de observación;
- 10 (3) medios de procesamiento informático;
- (4) objetivo de microscopio asociado a los medios de iluminación;
- (5) fuente de luz;
- 15 (6) sistema de representación de patrones de cristal líquido (LCD) situado en la posición del diafragma de campo de los medios de iluminación;
- (7) espejo;
- (8) sistema óptico asociado a los medios de iluminación;
- 20 (9) objetivo de microscopio asociado a los medios de observación;
- (10) sistema óptico asociado a los medios de observación;
- (11) cámara CCD;
- 25 (12) ordenador;
- (13) boquilla;
- (13a) boquilla;
- (14) lámina de circuito flexible;
- (14a) lámina de circuito flexible;
- 30 (15) platina de microscopio;
- (16) sistema de representación de patrones (LCOS);
- (17, 17') divisores de haz;
- (18) cámara CCD;
- 35 (19) rebaje de la boquilla;

(r_o) radio de la boquilla en el plano de enfoque;
 (P) patrón circular de luz proyectado en el plano
 de enfoque por los medios de iluminación;
 (O) puntos extremos de la sección del patrón de
 luz;

(r) radio del patrón de luz circular proyectado
 en el plano de enfoque;

(I) imagen del patrón en el plano de la cámara
 formada por la parte del haz de luz que se
 propaga directamente a través de la boquilla;

(R) radio de la imagen del patrón en el plano de
 la cámara CCD;

(O') puntos extremos de la sección del patrón de
 luz virtual;

(r') radio del patrón de luz virtual en el plano
 de enfoque;

(I') imagen del patrón virtual en el plano de la
 cámara formada por la parte del haz de luz que se
 refleja en la superficie interior de la boquilla;

(R') radio de la imagen del patrón virtual en el
 plano de la cámara CCD;

(A, B) puntos extremos que determinan el radio de
 la boquilla en el plano de enfoque;

(B) centro del patrón circular proyectado en el
 plano de enfoque;

(B') centro de las imágenes del patrón en el
 plano en la cámara;

(z_i) planos de enfoque; y

(S) punto de intersección.

Con referencia a la realización de la figura n°
 1, se aprecia de manera esquemática un primer ejemplo de un
 equipo de medición formado por medios de iluminación (1),
 medios de observación (2) y medios de procesamiento
 informático (3).

Los medios de iluminación (1) están formados por

un objetivo (4) de gran aumento (100X SLWD (distancia de trabajo súper larga)), una fuente de luz blanca (5), un sistema de representación de patrones (6) situado en la posición del diafragma de campo, un espejo (7), que en la
5 realización de ejemplo que se ilustra desvía 90° el haz de luz, y un sistema óptico (8).

Los medios de observación (2) comprenden un objetivo de microscopio (9) de aumento 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga)), un sistema óptico (10) y una
10 cámara CCD (11), que alternativamente puede ser de tipo CMOS.

Los medios de procesamiento informático (3) comprenden un ordenador (12) que gestiona el software apropiado con los algoritmos necesarios para la medida de
15 los contornos en distintos planos y la reconstrucción tridimensional de la boquilla troncocónica (13) del objeto a analizar (14) tras la aplicación del procedimiento de la invención. La configuración de la boquilla (13) puede apreciarse en la vista en sección parcial de la figura nº 4
20 de los dibujos que se adjuntan en la presente memoria.

En el ejemplo ilustrado en la citada figura nº 1, el objeto a analizar (14) es un circuito flexible de los que se disponen en los cabezales de las impresoras de inyección de tinta, que incluye una pluralidad de orificios
25 o boquillas (13) de tamaño muy reducido. A modo de ejemplo, puede analizarse una lámina (14) de 50 µm de espesor con boquillas (13) que presentan una inclinación de pared de 17° y un diámetro de salida de unos 25 µm para expulsar microgotas de tinta.

El sistema de representación de patrones de cristal líquido (6) está controlado por el citado ordenador (12) de los medios de procesamiento informático (3) y permite realizar tanto una iluminación de campo extensa (con el sistema de representación de patrones (6)
35 totalmente abierto) como patrones de configuración circular

de distintos diámetros. Estos patrones se proyectan en la zona interior de la boquilla (13) por medio del sistema óptico (8) y el objetivo de microscopio (4).

De acuerdo con el procedimiento de la invención, el objeto a analizar (14), es decir, la lámina plana flexible dotada de una pluralidad de boquillas troncocónicas (13), se dispone horizontalmente fija en la base de la platina de microscopio (15) con la zona ancha de las boquillas (14) orientada hacia los medios de iluminación.

Los medios de iluminación (1) y los medios de observación (2) del equipo de medición se ajustan y calibran de manera que el plano imagen para los medios de iluminación (1) coincida con en el plano objeto para los medios de observación (2).

Tras colocar y fijar la lámina flexible (14) que se va a analizar en la platina de microscopio (15), se llevan a cabo una serie de etapas, de acuerdo con el procedimiento objeto de la presente invención, las cuales se detallan a continuación.

Con la iluminación de campo extensa (esto es, con el sistema de representación de patrones (6) completamente abierto), el equipo centra una de las boquillas (13) en el campo de visión y enfoca en el plano z_1 correspondiente a la salida estrecha de la misma. Esta etapa puede utilizarse para comprobar defectos grandes (tales como ausencia de boquillas (13)) y para obtener una medición rápida de la forma y el diámetro de la salida estrecha de la boquilla (13) de la lámina (14).

El equipo mueve la lámina (14) que se está analizando hacia abajo según las figuras 1 a 3 para enfocar en un plano (z_2) situado en el interior de la boquilla. En este nuevo plano (z_2) se mide la posición de los puntos del contorno de la boquilla (13), ya sea en un sistema de coordenadas cilíndricas o bien en un sistema de coordenadas

cartesianas. En un sistema de coordenadas cilíndricas se prefiere una resolución de 360-720 puntos medidos a lo largo del contorno de la boquilla (13), que corresponde a un muestreo angular de $1-0,5^\circ$, si bien estos parámetros pueden ser otros en función de los requerimientos de análisis.

Para obtener los puntos del contorno de la boquilla (13) el equipo de la invención adquiere una serie de imágenes (entre 10 y 25) para distintos patrones de forma circular de diferentes diámetros visualizados en el sistema de representación de patrones (6) y proyectados en el citado plano (z_2) por el sistema óptico (8) y el objetivo de microscopio (4).

Las imágenes de los patrones en el interior de la boquilla se observan mediante la cámara CCD (11).

La información contenida en estas imágenes se procesa a través del ordenador (12) con los correspondientes algoritmos y se obtiene un conjunto de valores correspondientes a las citadas coordenadas. La medida de la posición de los puntos del contorno de la boquilla (13) se realiza en el momento en el que se superponen las imágenes del patrón circular proyectado y de su reflexión en las paredes interiores de la misma.

El equipo mueve entonces la lámina a analizar (14) a un siguiente plano (z_3) y repite el proceso cincuenta veces para el ejemplo de la realización que se describe (lámina (14) de $50\text{ }\mu\text{m}$ de espesor), es decir, el muestreo de la estructura de la boquilla (13) se realiza en cincuenta planos de enfoque o de análisis (z_1, \dots, z_{50}), con una separación entre planos ($z_i - z_{i+1}$) de $1\text{ }\mu\text{m}$, si bien el experto en la materia comprenderá que el número de planos de enfoque de muestreo podrá variar en función del espesor de la lámina (14) y de los requerimientos de los parámetros de análisis. De esta manera, el equipo adquiere, plano a plano ($z_1, \dots, z_1, \dots, z_n$), la topografía del perfil

interior de la boquilla (13). A partir de dicha topografía, el equipo es capaz de obtener los datos de salida requeridos para esta boquilla (13): diámetro (máximo y mínimo), inclinación de pared, desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje, etc.).

En la variante ilustrada en la figura nº 2 de los dibujos, el equipo utiliza un sistema de representación de patrones de mayor calidad de visión. Se trata de un sistema de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16) asociado a un divisor de haz de luz (17) al cual le llega la luz proveniente de la fuente (5). El resto de componentes y funcionamiento es esencialmente igual al de la realización de la figura nº 1.

El equipo de acuerdo con la tercera realización, la cual se ha ilustrado de manera esquemática en la figura nº 3, permite medir de boquillas (13a) de configuración troncocónica con un rebaje (19) de forma prismática, tal como se muestra en la sección transversal parcial ampliada de la figura nº 5. Este rebaje se utiliza para disponer en el mismo la electrónica necesaria para el funcionamiento del circuito flexible (14a) que se dispone en el cabezal de una impresora de inyección de tinta. Como puede apreciarse en la citada figura nº 3, el equipo incorpora también un sistema de representación de patrones de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16) asociado al divisor de haz de luz (17), siendo el resto de componentes y funcionamiento esencialmente igual al de la realización de la figura nº 2. Sin embargo, en esta realización el espejo (7) ha sido sustituido por otro divisor de haz (17') para permitir la observación y medida topográfica de la zona del rebaje (19) de la boquilla (13a) con una cámara adicional (18), por ejemplo de tipo CCD. Se comprenderá, sin embargo, que para la medición de esta topografía ilustrada en la figura nº 5 (u otras topografías distintas) también puede utilizarse el sistema de representación de patrones (6) de la realización

de la figura n° 1.

Los conceptos básicos de la invención quedan ilustrados en las figuras esquemáticas n° 6 a 10 que se incluyen en la presente memoria.

5 Mediante los medios de iluminación (1) se proyecta un patrón circular (P) definido por la línea (O-O) en un plano de enfoque (z_1) situado en el interior de la boquilla (13). El haz procedente de los medios de iluminación penetra en el interior de la boquilla (13) por la zona de mayor diámetro de la misma (parte inferior de las figuras n° 6 a 9).

10 En el caso de la figura n° 6, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_1) en el interior de la boquilla (13) es tal que todo el haz incidente se propaga a través del orificio sin experimentar ninguna reflexión en la superficie interior del mismo. Como resultado se obtiene una imagen (I-I) del patrón (P) en el plano de la cámara (11), cuyo radio (R) es igual al radio del patrón (r) multiplicado por el factor de aumento del objetivo (9) y el sistema óptico (10).

20 En las figuras n° 7 a 9 se ilustran situaciones en las que el radio (r) del patrón circular (P) proyectado en el plano de enfoque (z_1) se va incrementando progresivamente.

30 En el caso de la figura n° 7, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_1) en el interior de la boquilla (13) es tal que una parte del haz incidente se propaga directamente a través del orificio y otra parte se refleja en la superficie interior del mismo. Como resultado, se obtienen dos imágenes (I-I) e (I'-I') en el plano de la cámara (11). La imagen (I-I) de radio (R) corresponde al patrón circular real (O-O) de radio (r), mientras que la

imagen ($I'-I'$) de radio (R') corresponde al patrón virtual ($O'-O'$) de radio (r'). Los respectivos radios (R) y (R') son iguales a los radios del patrón real (r) y del patrón virtual (r') multiplicados respectivamente por el factor de aumento del objetivo (9) y el sistema óptico (10). Al
 5 aumentar el valor del radio (r) del patrón (P) se incrementará el valor del radio (R) y disminuirá el valor del radio (R').

En el caso de la figura n° 8, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en
 10 el plano de enfoque (z_i) en el interior de la boquilla (13) es tal que coincide con el radio del contorno de la boquilla (r_0). Como resultado, las dos imágenes ($I-I$) e ($I'-I'$) se superponen y, por lo tanto, los respectivos
 15 radios (R) y (R') son iguales.

En el caso de la figura n° 9, el radio (r) del patrón (P) proyectado por los medios de iluminación (1) en el plano de enfoque (z_i) en el interior de la boquilla (13) es mayor que el radio del contorno de la boquilla (r_0).
 20 Como resultado, la totalidad del haz incidente se refleja en la superficie interior de la boquilla (13) y solamente se observa en el plano de la cámara (11) una única imagen ($I'-I'$) de radio (R') correspondiente al patrón virtual de radio (r').

La determinación de la condición de superposición de las imágenes (I) e (I') [$R = R'$] permite obtener el radio (r_0) de la boquilla (13) en el plano de enfoque (z_i) para una coordenada angular determinada, de acuerdo con la gráfica de la figura n° 10. En esta figura puede apreciarse
 25 cómo al aumentar el radio (r) del patrón proyectado (P) en la serie de imágenes representadas, el radio (r') del patrón virtual disminuye hasta converger en el punto de intersección (S), cuyo valor en el eje de ordenadas corresponde al radio del orificio (r_0) en el plano de
 30 enfoque para la correspondiente coordenada angular del
 35

contorno de la boquilla (13).

El procedimiento de la invención resulta extremadamente rápido, habiéndose constatado un tiempo de adquisición y procesamiento de datos cercano a 1 segundo para medir el contorno de la boquilla de cada plano (z_i) y con un resultado extremadamente eficaz al lograrse una precisión extraordinaria. En pruebas realizadas se ha estimado una incertidumbre de un 2% aproximadamente, con una desviación angular de $\Delta\theta = \pm 0,5^\circ$, y una desviación en el eje (z) de $\Delta z = \pm 0,1 \mu\text{m}$, para boquillas cuyas paredes interiores forman un ángulo cercano a 17° y una desviación en el eje (z) de $\Delta z = \pm 0,15 \mu\text{m}$, para boquillas cuyas paredes interiores forman un ángulo cercano a 12° .

Aunque en las figuras n° 1 a 3 se han ilustrado diversas realizaciones del equipo de la invención con los medios de iluminación (1) en la parte superior de la platina de microscopio (15) y los medios de observación (2) en la parte inferior del mismo, es evidente que la disposición de los elementos que configuran dicho equipo podrá ser otra cualquiera, por ejemplo invertida, con los medios de iluminación (1) en la parte inferior y los medios de observación (2) en la parte superior de la citada platina de microscopio (15).

El procedimiento de la invención, tal como se ha descrito, se utiliza como etapa de control de calidad de una línea de producción, por ejemplo de circuitos flexibles para cabezales de impresoras de inyección de tinta. Sin embargo, el procedimiento y el equipo de descritos de acuerdo con la invención tienen aplicación en cualquier ámbito de la técnica relacionado con la metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de orificios microscópicos de configuración troncocónica o similar.

Descrito suficientemente en qué consiste el procedimiento y el equipo de la presente invención en

correspondencia con los dibujos adjuntos, se comprenderá que podrán introducirse en el mismo cualquier modificación de detalle que se estime conveniente, siempre y cuando las características esenciales de la invención resumidas en las
5 siguientes reivindicaciones no sean alteradas.

B
BB
BB
B
B
BB
B
B
B

R E I V I N D I C A C I O N E S:

- 1^a- Procedimiento de metrología óptica para la determinación de la topografía tridimensional de un orificio, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares (13), utilizando medios de iluminación (1) del objeto a analizar (14) y medios de observación (2) de dicho objeto a analizar (14) que incluyen por lo menos una cámara (11), caracterizado en que comprende una etapa inicial en la que se verifica que el plano imagen (z) para dichos medios de iluminación (1) coincide con el plano objeto para los medios de observación (2); comprendiendo, además, las etapas de:
- disponer el objeto a analizar (14) en una platina de microscopio con la zona de mayor diámetro orientada hacia los citados medios de iluminación (1);
 - centrar uno de los orificios (13) del objeto a analizar (14) en el campo de visión de dichos medios de observación (2);
 - enfocar mediante iluminación extensa sobre la zona de menor diámetro del orificio (13) a analizar;
 - medir el diámetro del orificio así como defectos mayores tales como ausencia de orificio o una deformación de grandes dimensiones;
 - modificar el plano de enfoque (z_i) del interior del orificio (13) del objeto (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}),
 - medir el contorno del orificio (13) en el plano de enfoque (z_{i+1}) para determinar la topografía del interior de dicho orificio (13) por medio de la proyección de una secuencia de patrones, realizándose la medida de la posición de los puntos del contorno de dicho orificio (13) en el momento en el que se superponen en el plano de dicha cámara (11) las imágenes del patrón proyectado y de su reflexión en las paredes interiores del citado orificio (13);

- repetir el proceso anterior un número de planos ($z_1 \dots z_n$) en el interior del orificio (13);

5 - procesar la información de los contornos medidos en los distintos planos para obtener una representación geométrica tridimensional de la topografía del interior del orificio (13), así como los parámetros característicos del mismo (diámetro máximo y mínimo del orificio (13), inclinación de la pared del orificio (13), desviaciones respecto a la forma nominal, posición del eje
10 del orificio (13), etc.).

2ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que dicha secuencia de patrones son patrones circulares de radio determinado y creciente.

15 3ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la medida de los puntos del contorno en el plano de enfoque (z_i) se realiza mediante un sistema de coordenadas cilíndricas con una resolución de 360-720 puntos medidos a lo largo del contorno del orificio (13).

20 4ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que se adquiere una serie de imágenes comprendida entre 10 y 25 para obtener los puntos medidos del contorno del orificio (13).

25 5ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la distancia entre planos de enfoque (z_i) es de 1 a 10 μm .

30 6ª- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado en que la citada modificación del plano de enfoque (z_i) del objeto a analizar (14) cambiándolo a otro plano de enfoque (z_{i+1}) se repite un determinado número veces para obtener valores en otros tantos planos de enfoque (z_n) distintos del orificio (13) del objeto (14), dependiendo dicho número de veces del espesor del objeto a analizar y de los requerimientos de los parámetros de análisis.

35 7ª- Equipo para la determinación de topografías

tridimensionales, en particular para la medición de boquillas micrométricas troncocónicas y similares (13) de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado en que comprende
 5 medios de iluminación (1), medios de observación (2) y medios de procesamiento informático (3), comprendiendo dichos medios de iluminación (1) un objetivo de microscopio (4) asociado a los medios de iluminación (1), una fuente de luz (5), un sistema de representación de patrones (6), y un
 10 sistema óptico (8) asociado a los medios de iluminación (1); y comprendiendo dichos medios de observación (2) un objetivo de microscopio (9) asociado a los medios de observación (2), un sistema óptico (10) asociado a los medios de observación (2), y por lo menos una cámara (11, 18).

8ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que incluye un espejo (7) que desvía un determinado ángulo la luz emitida por dicha fuente de luz (5) hacia el citado sistema óptico (8).

20 9ª- Equipo según la reivindicación 8, caracterizado en que el ángulo de desviación de la luz provocada por el espejo (7) es de 90°.

10ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que el objetivo (4) asociado a los medios de iluminación (1) es un objetivo de aumento 100X SLWD (distancia de trabajo súper larga), mientras que el
 25 objetivo (9) asociado a los medios de observación (2) es un objetivo de aumento 50X SLWD (distancia de trabajo súper larga), teniendo la citada cámara (11) un formato de 1/3 de pulgada.

30 11ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que el citado sistema de representación de patrones (6) está controlado por un ordenador (12) que forma parte de dichos medios de procesamiento informático
 35 (3) y permite visualizar tanto una iluminación de campo

extensa como generar patrones de configuración circular de distintos diámetros, siendo proyectados dichos patrones por medio del citado objetivo (4) con el citado sistema óptico (8) en la zona interior del orificio (13) del cuerpo a
5 analizar (14).

12ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido (LCD) (6).

10 13ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicho sistema de representación de patrones es un microvisualizador de cristal líquido sobre silicio (LCOS) (16), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17).

15 14ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) emite luz con un espectro de banda ancha.

20 15ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha fuente de iluminación (5) es un láser y el patrón en el interior del orificio se genera mediante un escáner.

25 16ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que incluye una cámara adicional (18), incluyendo también dicho equipo un divisor de haz de luz (17'):

17ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CCD.

30 18ª- Equipo según la reivindicación 7, caracterizado en que dicha o dichas cámaras (11, 18) son cámaras CMOS.

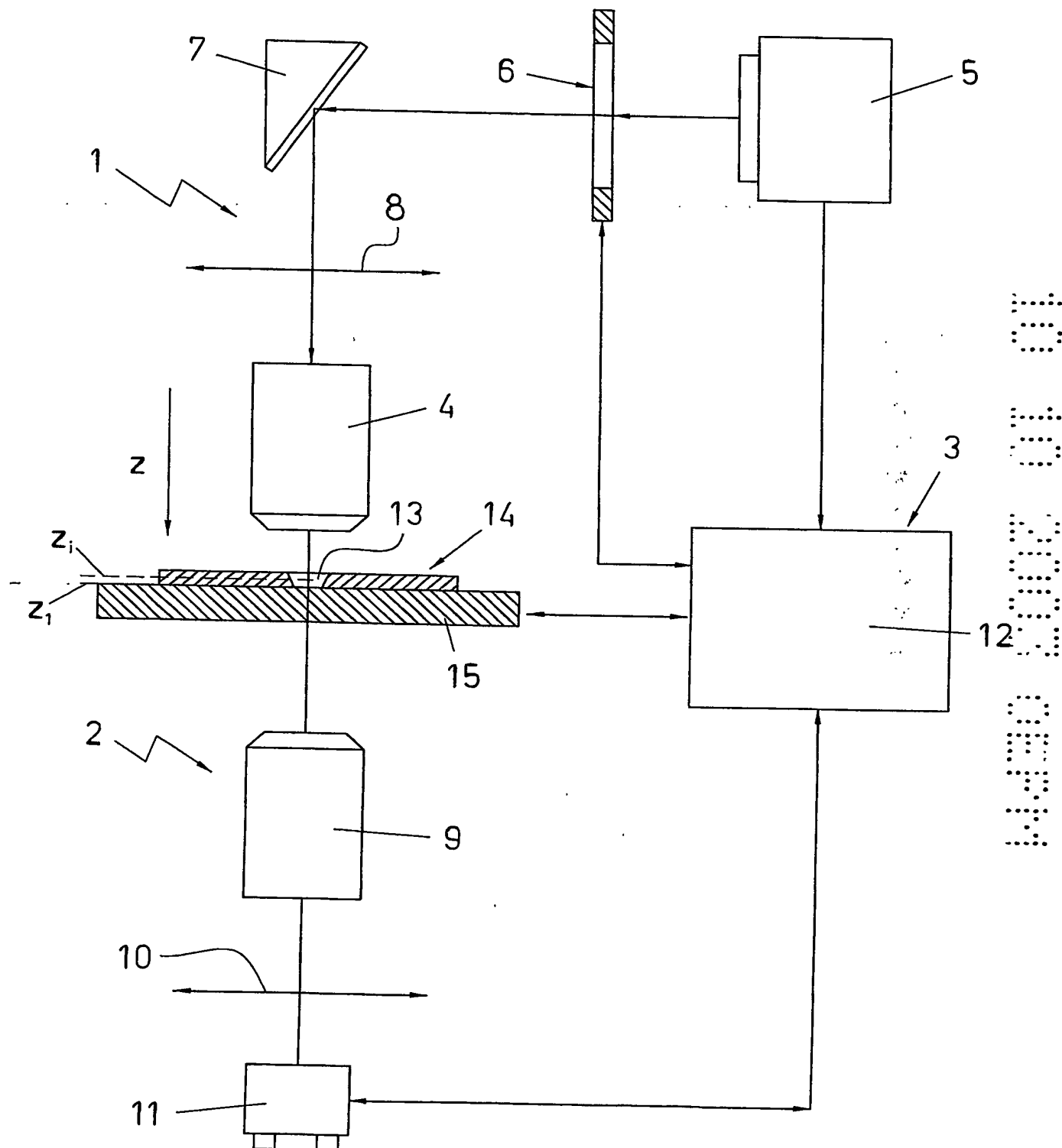


FIG. 2

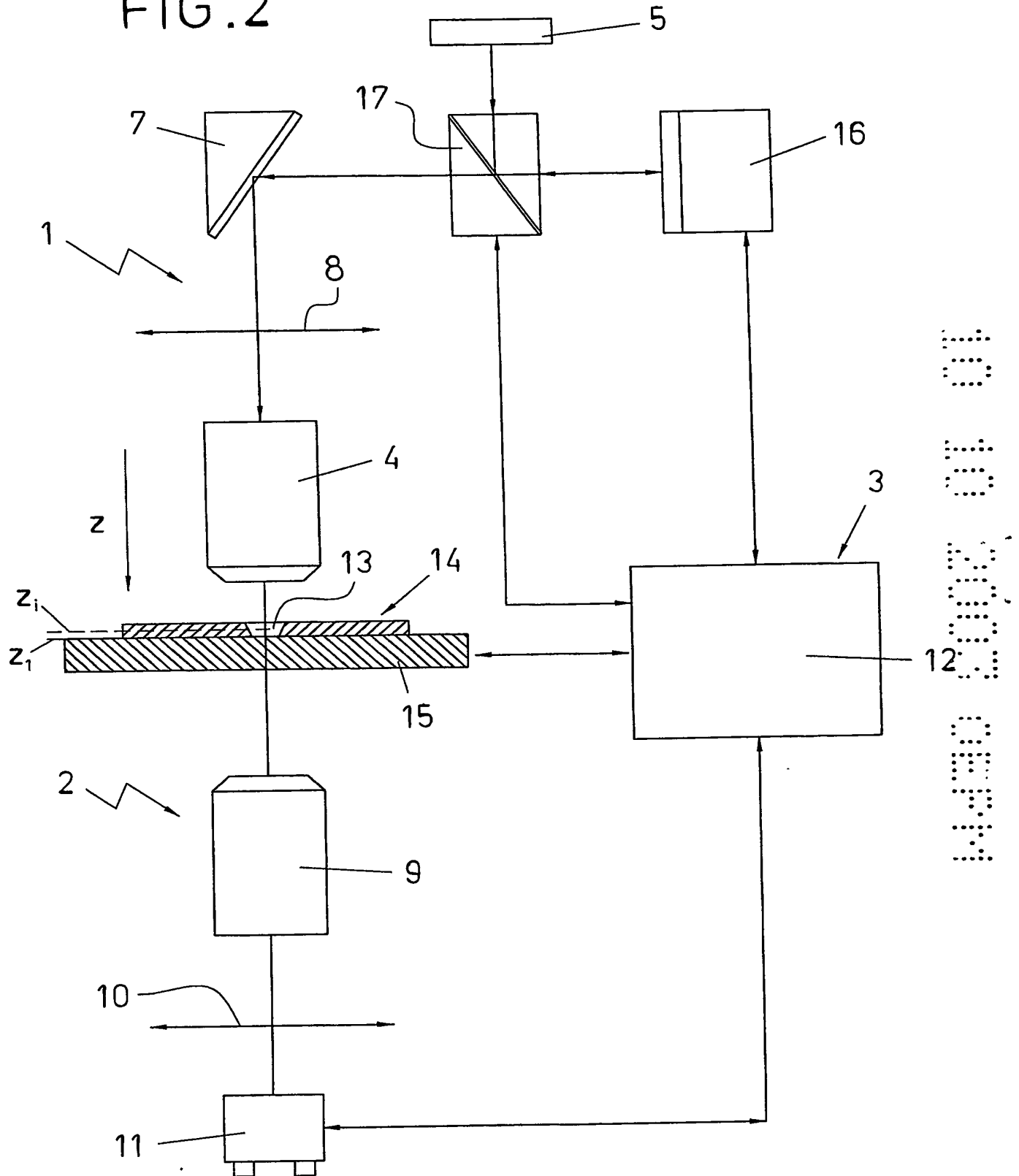


FIG. 6

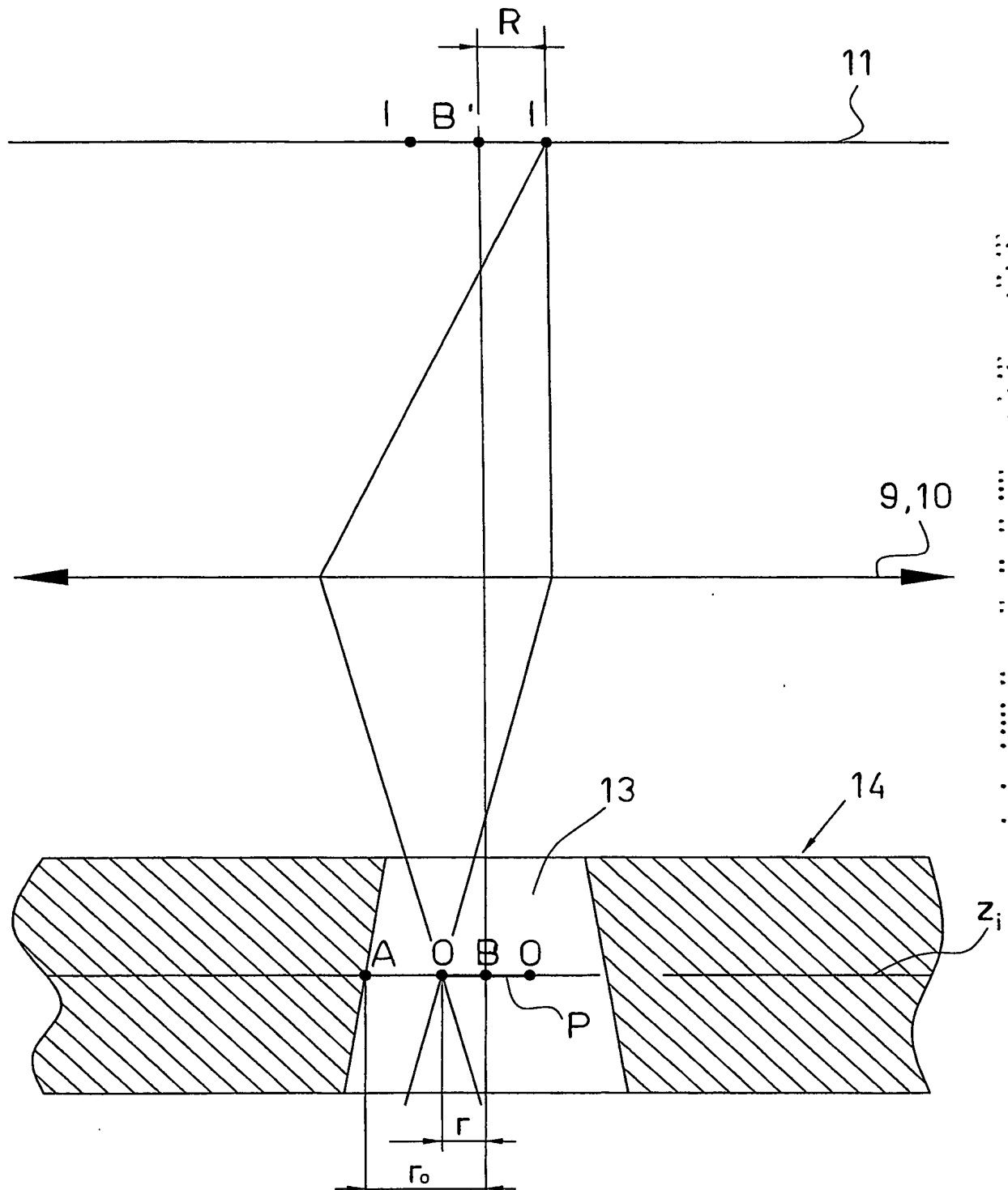
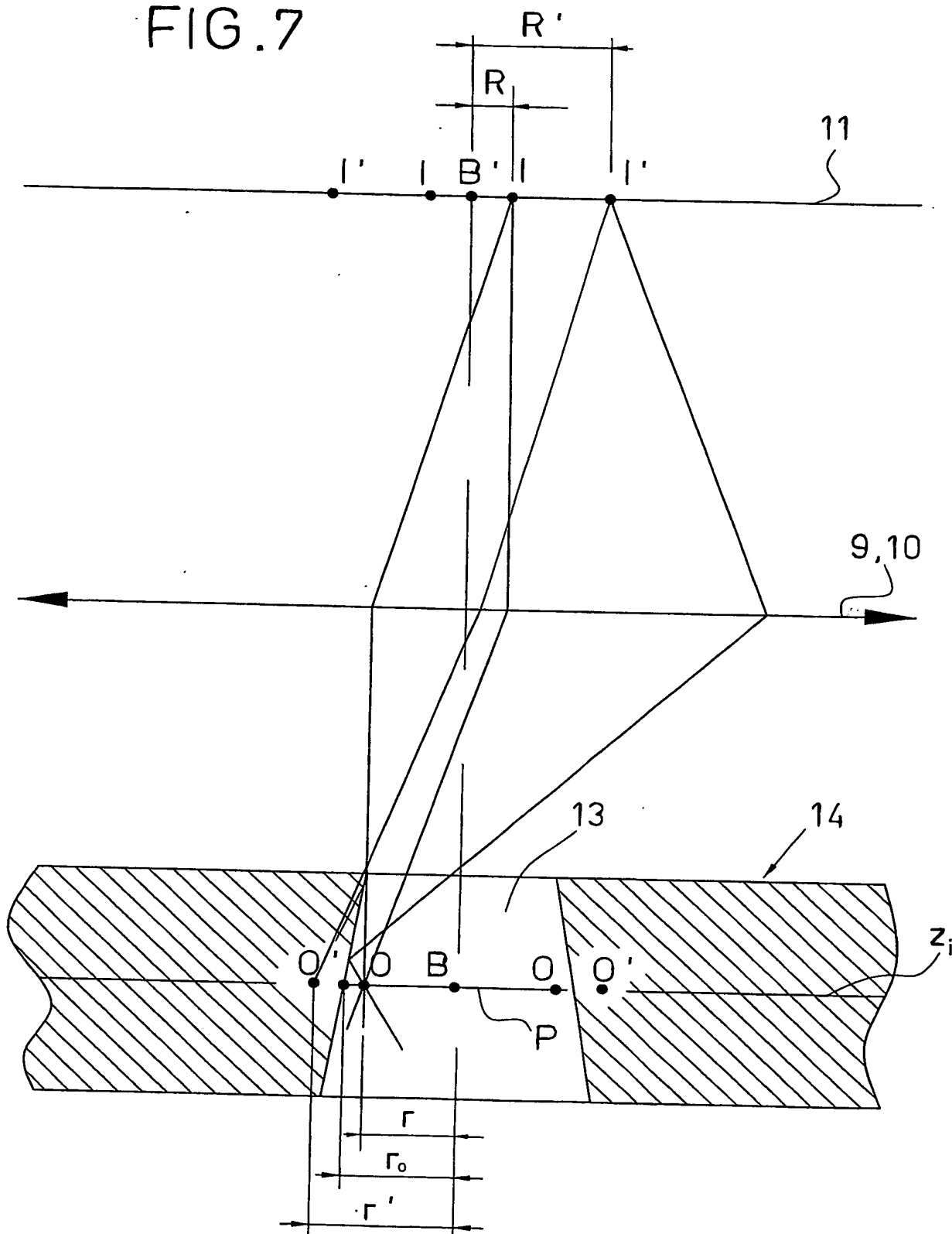


FIG. 7



8
5
3
2
1

FIG. 8

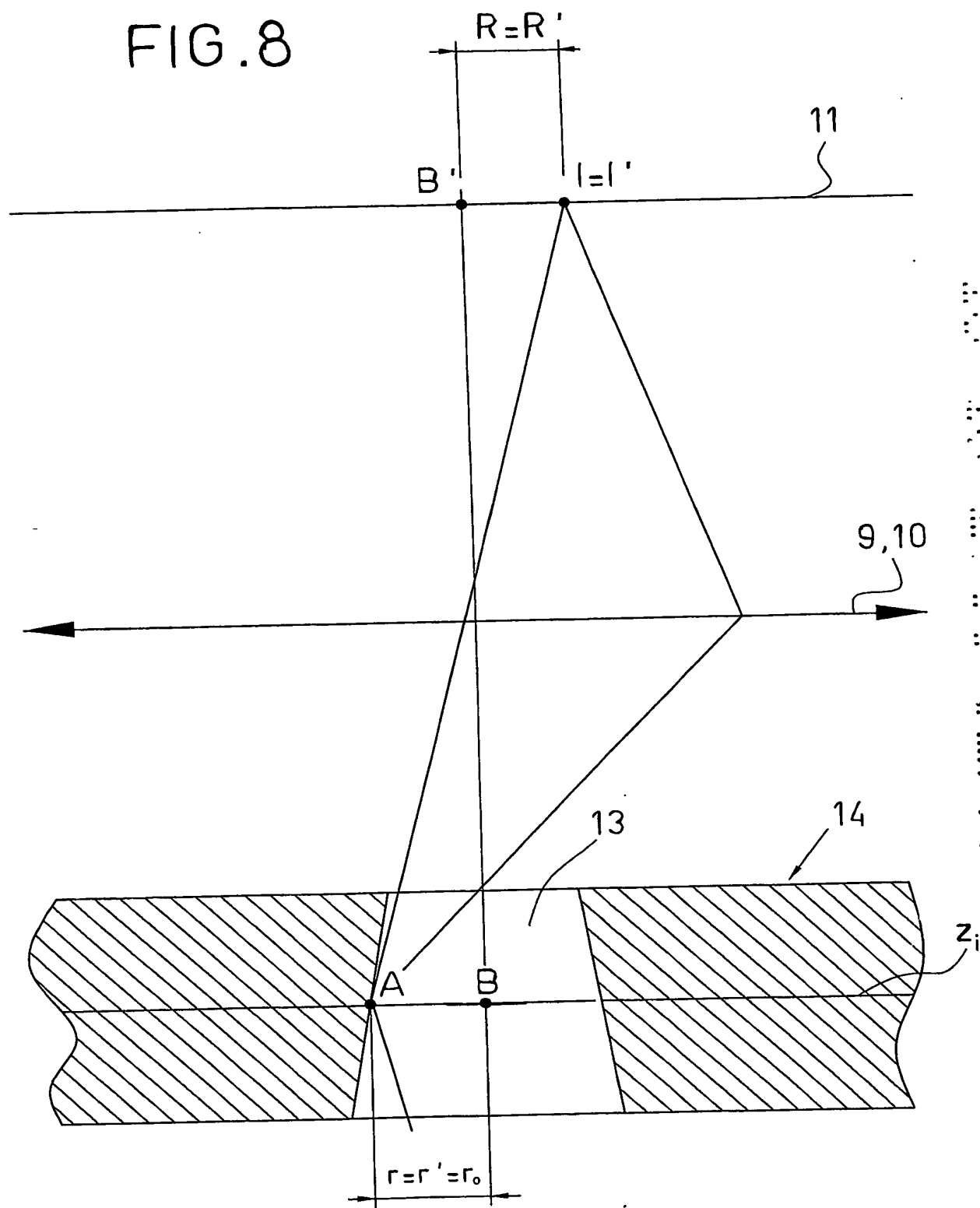
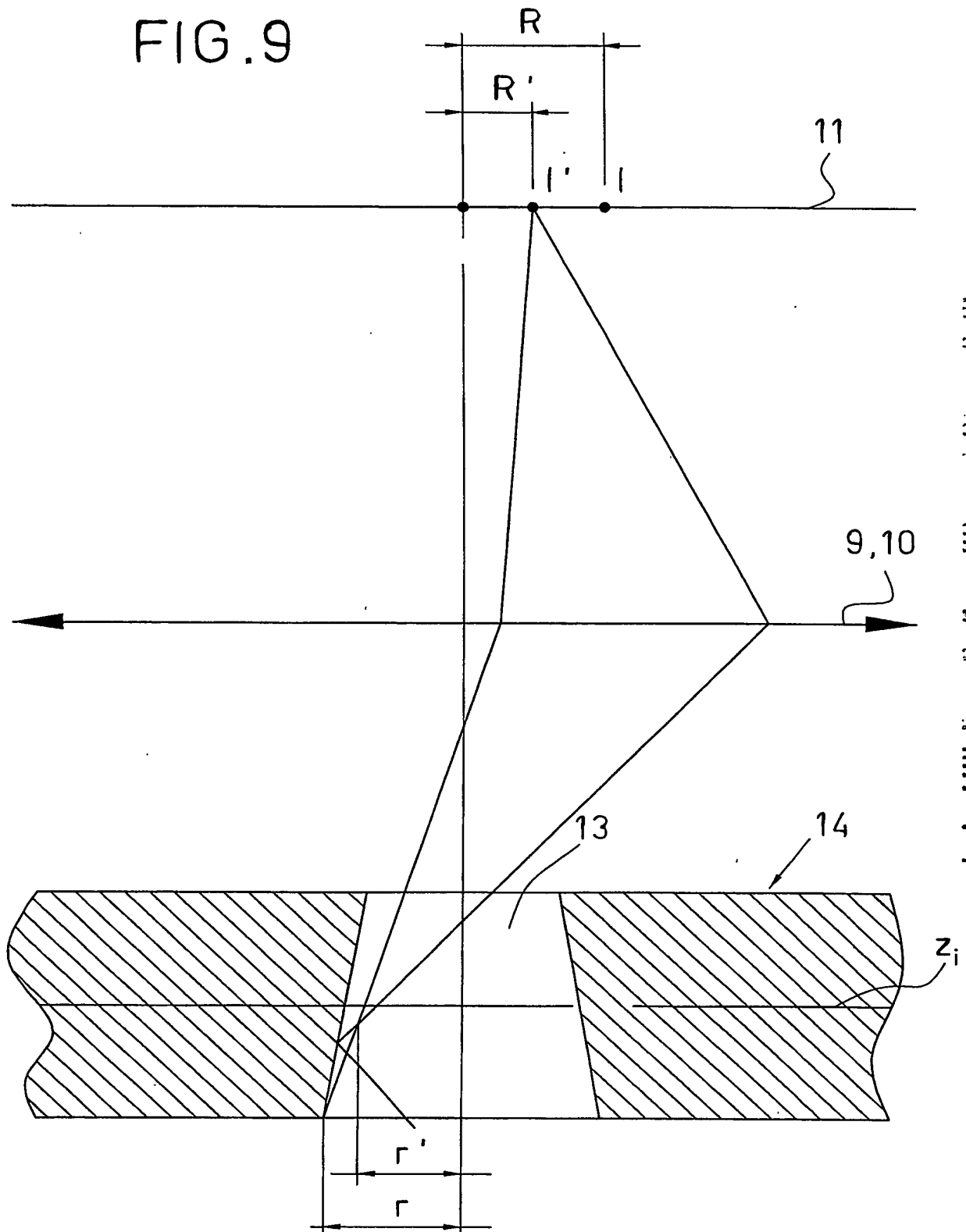
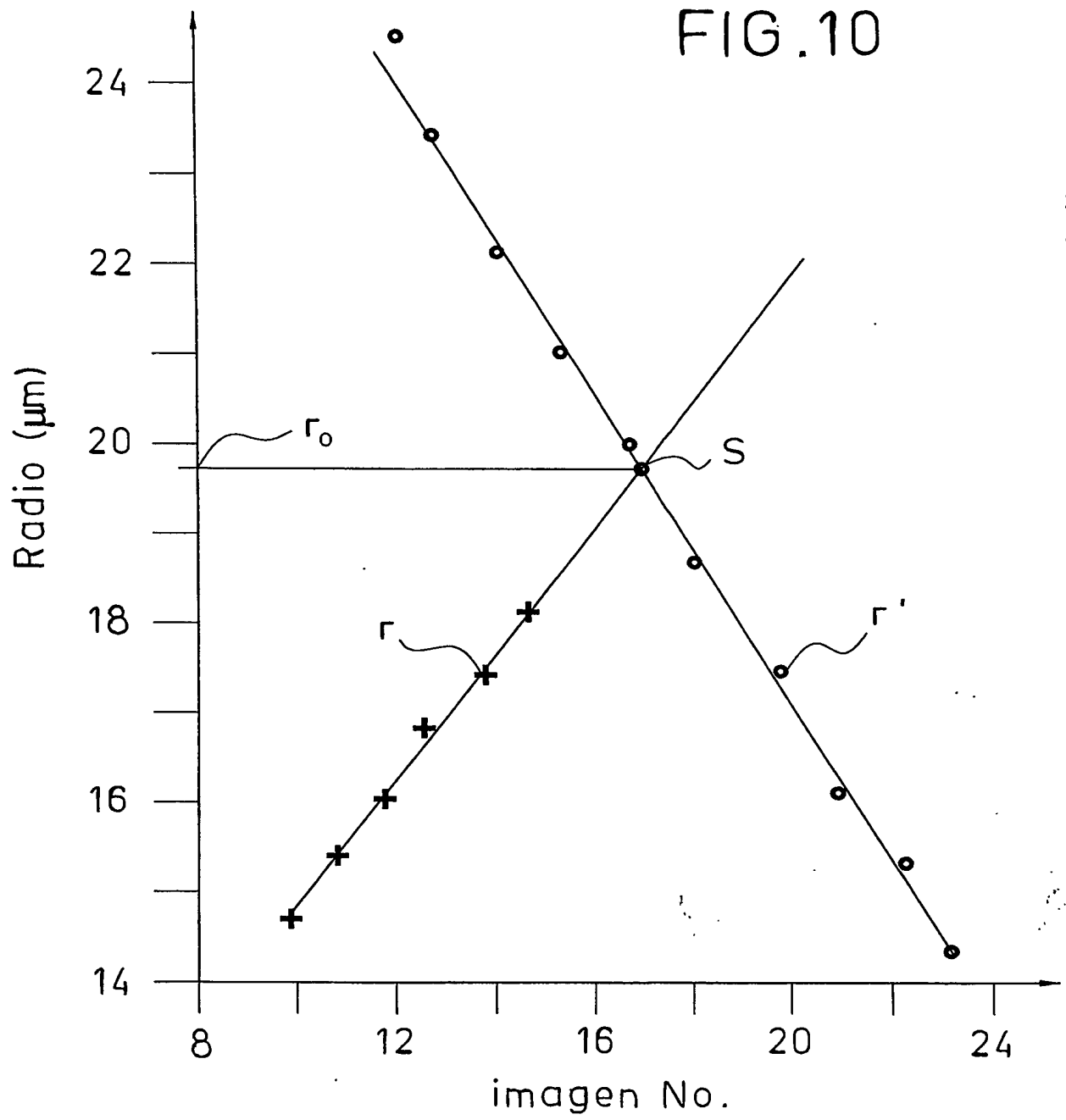
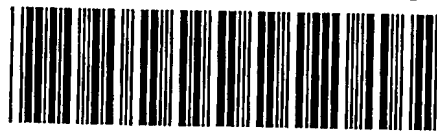


FIG. 9





PCT/ES2004/000436



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.